

# VALIDACIÓN DE LOS REGISTROS DE TELEVIEWERS (ATV Y OPTV) EN LA CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO EN MINA TOQUEPALA

Lisette del Milagro Ethel Silva Tito <sup>1</sup>, Henry Revilla Amezquita <sup>2</sup> y Hector Antonioni Coayla Apaza <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniera Geofísica – Bach. Ingeniería Civil, Arequipa, Perú, [lisettesilvat@gmail.com](mailto:lisettesilvat@gmail.com)

<sup>2</sup>Geotecnista Mina Senior, Arequipa, Perú, [hrevilla@southernperu.com.pe](mailto:hrevilla@southernperu.com.pe)

<sup>3</sup>Geotecnista Estructural, Arequipa, Perú, [hcoyla@southernperu.com.pe](mailto:hcoyla@southernperu.com.pe)

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, consiste en la validación de los registros de los Televiewers Ópticos (OPTV) y Televiewers Acústicos de alta resolución (ATV) en la caracterización del macizo rocoso en Mina Toquepala.

La información obtenida se generó a partir de la Campaña de Perforación Geotécnica del 2013- 2014.

El principal enfoque en la investigación se basa en el uso de Registros de televiewers Acústicos y Ópticos de Pozos. Mediante los registros de las herramientas se generan bases de datos que podrían conllevar a determinar algunos de los principales parámetros geotécnicos.

A lo largo del desarrollo de la investigación se ha validado estructuralmente registros de televiewers óptico y acústico (ATV y OPTV) con logueos geotécnicos de taladros orientados. La validación comprende la revisión de parámetros geotécnicos como el RQD, Frecuencia de fracturamiento (FF), espaciamiento, caracterización de discontinuidades, resistencia de roca intacta y a su vez la comparación de la Clasificación Geotécnica (RMR<sup>76</sup>) obtenida del logueo geotécnico con el registro de los televieweres.

Se determino a través del Índice de calidad de roca (IC) la relación de la calidad del

registro de los Televieweres de Alta Resolución de acuerdo a la calidad del Macizo Rocos.

## 1. Introducción

Un buen conocimiento de las propiedades del macizo rocoso resulta fundamental en las etapas de desarrollo de un proyecto minero. En este contexto, el método que se utilice para modelar variables geotécnicas como el RMR<sup>76</sup>, RQD, Frecuencia de Fractura, entre otras, marcará una diferencia notable en la calidad de la estimación de factores tan importantes como la fragmentación del macizo y los diseños de ángulo de interrampa, entre otros.

En el estudio se analiza la naturaleza de las variables geotécnicas y las restricciones prácticas a que conllevan el uso de los televiewers de alta resolución. Mediante los registros generados de las herramientas (televiewers OPTV, ATV) se generan bases de datos que podrían llevar a determinar algunas de los principales parámetros geotécnicos.

El método que se utilizó para determinar la clasificación geotécnica del macizo rocoso en el presente informe es el Rock Mass Rating (RMR<sup>76</sup>). Este método nos permitirá estimar la calidad del macizo rocoso, mediante la cuantificación de parámetros de fácil

medición, los cuales se establecen en campo y con costos relativamente bajos. El método RMR<sup>76</sup> utiliza los siguientes parámetros:

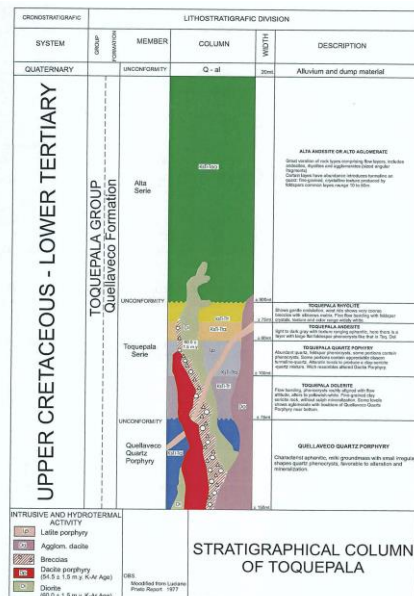
- RQD (Rock Quality Designation)
- El espaciamiento de las discontinuidades
- El estado de las discontinuidades
- Orientación de las discontinuidades.

Parámetros que serán verificados también en los registros de los Televiewers (OPTV y ATV), para luego realizar la validación y así caracterizar el macizo rocoso.

## 2. Geología

Las condiciones geológicas del yacimiento están situadas en un área que fue sometida a intensa actividad ígneo-eruptiva, de magmas riolíticos y andesíticos que se registró hace 70 M.A (Cretáceo - Terciario); esta actividad produjo enormes cantidades de material volcánico, el cual se acumuló en una serie de mantos de lava, hasta completar un espesor de 1,500 m constituyendo el basamento regional, el mismo que está compuesto por derrames alternados de riolitas, andesitas y aglomerados, inclinados ligeramente hacia el Oeste y que constituyen el llamado “Grupo Toquepala”

Figura N°1: Columna Estratigráfica de Toquepala.  
Fuente: (Mattos, R. Valle, j.1999)



## 3. Metodología del registro de Televiewer

Los registros de televiewer óptico (OPTV) y acústico de pozos (ATV) son una herramienta útil que muestra el estado de las paredes de la perforación. El método permite una identificación de diversas heterogeneidades a lo largo del sondeo, incluyendo fracturas. Además, es posible determinar la dirección de los actuales indicadores cinemáticos en el testigo orientado y los planos de fractura. Los planos de falla identificada e indicadores cinemáticos son información valiosa para la investigación en la geología estructural.

### 3.1. Tipos de Televiewers

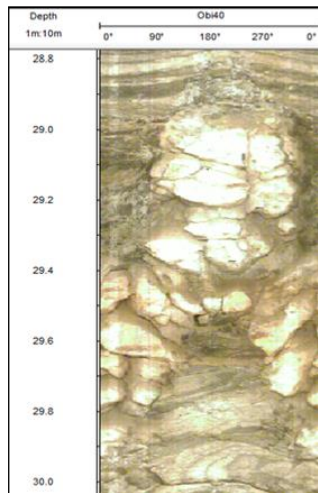
Televiewer Óptico de pozos (OPTV), Televiewer acústico de pozos (ATV), son los métodos mediante imágenes disponibles para identificar las características de un pozo de manera visual. Cada una de estas técnicas tiene un uso muy particular, directamente relacionado con las condiciones físicas del pozo.

#### A. Televiewer Óptico de Pozos (OPTV)

Las herramientas ópticas de adquisición de imágenes (OPTV) usan la proyección de la imagen de la pared del pozo sobre espejos cónicos o hiperbólicos.

Esta herramienta es un refinamiento en las técnicas de inspección por video y consiste en el registro de la imagen de una cámara de video de alta resolución, enfocada sobre dicho espejo. El espejo está perpendicular a las paredes del pozo, las cuales son iluminadas por una fuente cilíndrica generadora de luz blanca (luz led). La imagen proyectada sobre el espejo es procesada digitalmente para generar una imagen de la pared del pozo. Los datos son grabados en forma digital y la orientación de la imagen se ejecuta en tiempo real, permitiendo un buen control por parte del operador.

Figura N°2.Registro de Televiever Óptico de POZOS. Fuente: Propia (Extraído de Wellcad,2014)



**B. Televiever Acústico de Pozos (ATV)**

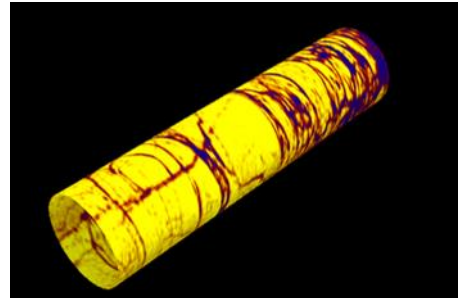
La herramienta acústica de imágenes (ATV) comprende de un transductor que opera a una alta frecuencia generando pulsos-ecos, lo cual permite la adquisición simultánea de la amplitud y del tiempo de traslado entre el transductor y las paredes del sondaje. El escáner gira rápidamente y un pulso se sincroniza al comienzo de la adquisición digital, de tal manera que un barrido representa un reconocimiento de 360° de las paredes del sondaje, proporcionando una cobertura total.

La imagen del tiempo de tránsito representa una calibración ultra sensible del pozo en 360°, donde la amplitud de la onda reflejada es proporcional a la intensidad de la señal emitida (constante) y a la reflectividad acústica de la formación del sondaje. El coeficiente medio de reflectividad del volumen de las paredes del pozo, con el cual interactúa la energía acústica, es una función de diámetro de la densidad y de las propiedades elásticas de la roca (impedancia acústica).

La curvatura del espejo permite enfocar el rayo en un rango de diámetro dado del pozo.

Esto proporciona una mejor resolución para el reconocimiento de las paredes del pozo.

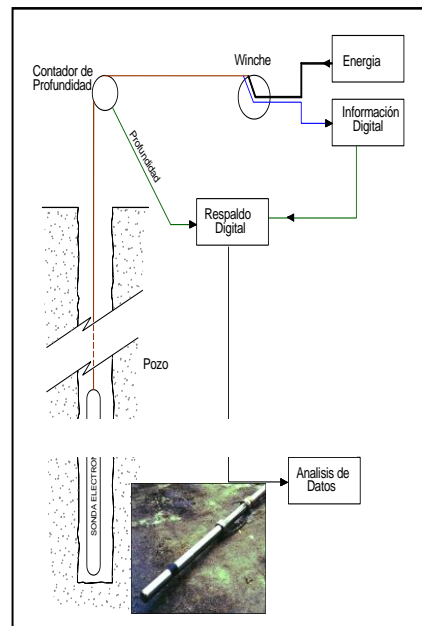
Figura N°3: Reconstrucción de testigo, se observa el contraste entre las estructuras y roca. Fuente: Propia (Extraído de Wellcad,2014).



**3.2. Descripción del Método**

Un perfil de geofísica de pozos consiste en el registro continuo de mediciones realizadas por una sonda en el interior del pozo del sondaje. La sonda contiene sensores que responden a las variaciones de las propiedades físicas de las rocas perforadas.

Figura N°4.- Funcionamiento de Equipo. Fuente: (Andes Geofísica,2014)



El peso de la sonda es sostenido por un cable electrónico, con armadura de acero. Las señales eléctricas que contienen la

información enviada por la sonda, viajan a través de los conductores del cable, el cual tiene un diámetro de 3/16'' que permite alcanzar profundidades superiores a 2000 m. Un winche montado en la unidad de registro controla el movimiento de la sonda dentro del pozo. El winche es energizado por un generador eléctrico y dispone de controles con el fin de alcanzar la máxima precisión de la velocidad de ascenso y descenso del instrumento.

Para determinar la profundidad de la sonda, se mide la cantidad de cable enrollado o desenrollado desde el tambor del winche. Para esto, el cable pasa por una polea de diámetro conocido. Esta polea está conectada con un codificador óptico que produce una serie de pulsos electrónicos y estos son interpretados por el sistema de control de profundidad con una precisión milimétrica.

La referencia de profundidad se ajusta a cero, colocando el punto de referencia de la sonda en superficie al nivel del suelo. El sistema de control de profundidad sigue todos los movimientos de la polea de medida, a partir de esa referencia. Permite conocer la ubicación de la sonda en el pozo en forma continua, a medida que se enrolla o desenrolla el cable de registro

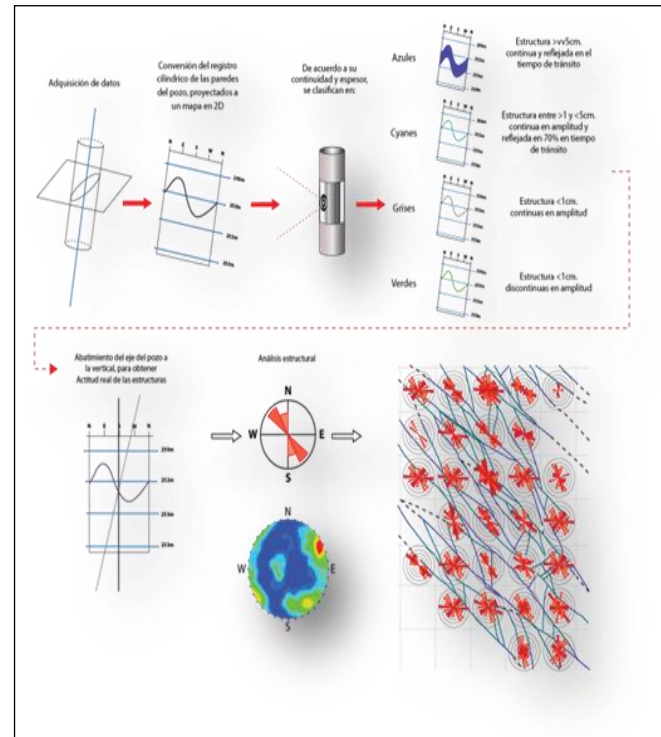
#### 4. Comparación entre registros de Televiewers de alta resolución (OPTV, ATV) y taladros orientados

El procesamiento de datos de un Televiewer Óptico y/o Acústico, se ejecuta con software especializados que permiten procesar la imagen, la clasificación y selección de atributos de las estructuras existentes y el cálculo de parámetros relevantes, como la frecuencia de fractura, RQD, la configuración de datos y la impresión de imágenes.

La selección de atributos consiste en el reconocimiento interactivo de estructuras en

las imágenes obtenidas. En forma similar a la descripción de testigos y de registros, la interpretación o más bien el mapeo electrónico sigue un método sistemático.

Figura N° 5. Secuencia de interpretación de datos. (Fuente: Andes Geofísica y Southern Perú,2014)



## 5. Interpretación de registros de Televiewers

### 5.1. Control de Calidad

#### a) Profundidad

La profundidad es el primer punto de control para la comparación de los datos obtenidos por el televiewer ya que el control por cable se considera mejor que el obtenido por barras de perforación; estas diferencias de profundidad deben corresponder a +/-1m ó máximo en algunos casos 5m de diferencia debido a que en el momento de la extracción del testigo de perforación puede haber pérdidas de material por concepto de falla ó por error humano ; los cuales son comparados con la concordancia de profundidad de las estructuras principales en ambos registros (Mapeo de televiewers y el logueo geotécnico).

### b) Geometría

Las sondas registran aros de información que en conjunto conforman un cilindro que representan la pared interior del pozo. Para interpretar la información de este cilindro es cortado y abatido, en donde cualquier estructura que intercepte este cilindro una vez proyectada en un plano, resulta representada por una curva sinusoidal. De acuerdo a las características y las geometrías de las curvas sinusoidales es posible clasificar, determinar y calcular la orientación de los planos que representan.

Figura N° 6: a) Plano de intersección de una perforación, b) trazo sinuoso del plano oblicuo de la imagen desenrollada de la pared del pozo.  
(Fuente: Andes Geofísica y Southern Perú, 2014)

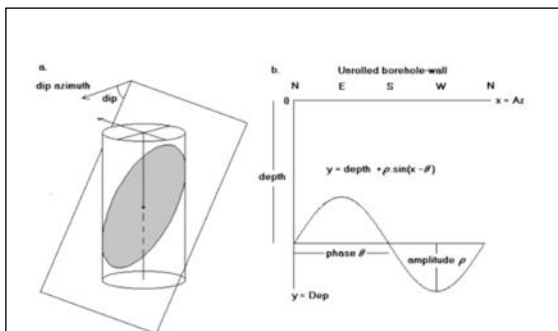
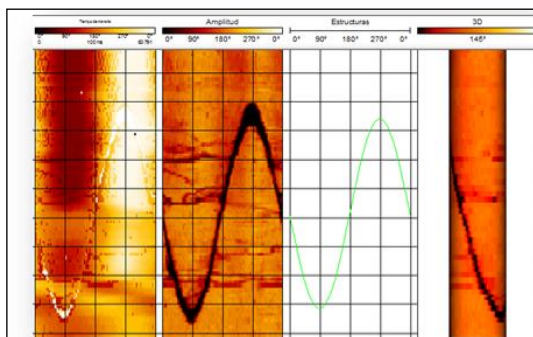


Figura N°7: Trazo sinuoso de plano oblicuo en imagen desenrollada con clasificación otorgada.  
Fuente: Propia (Extraído de Wellcad, 2014)



### c) Apertura

Para la investigación se ha tomado la clasificación de la Tabla N°1, donde los Rank 1 y 2 corresponden a estructuras donde no

se observa relleno, debido a que las aberturas de las estructuras son menores, pero lo suficientemente notorias como para realizar su identificación en los registros y si identificamos variaciones de densidad (ATV) ó variaciones de tonos entre la roca caja con respecto al relleno de la estructura (OPTV) se relacionara con las estructuras mayores Rank 3 y 4.

Tabla N°1.- Clasificación de estructuras.

Categoría	Tipo	Color	Amplitud	Tiempo de Tránsito	Características	Observación
1	AZUL	●	No continua, fina	No visible	Discontinuo menor a 1 (cm)	Discontinuidades intrínsecas de la roca
2	VERDE	●	Continua, fina	No visible	Continuo menor a 1 (cm)	Discontinuidades menores, principalmente Diaclasas
3	NARANJA	●	Continua, fina o moderadamente gruesa	Visible	Entre 1 a 5 (cm), continuo.	Fracturas y Fallas menores
4	ROJO	●	Continua, gruesa, claramente visible, algunas veces interconectadas	Visible, gruesa	Mayor a 5 (cm)	Principalmente Fallas

(Fuente: Andes Geofísica, 2014)

## 6. Comparación de registro de Televiewer con el logueo geotécnico

En la investigación se realizó la comparación de los taladros mostrados en la Tabla N°2 donde muestran los datos de los sondeos por calidad de macizo rocoso y profundidad alcanzada.

Los Taladros Geotécnicos GT-05A, GT-29 y GT-32 se mostrarán como representativos de la investigación.

Tabla N°2.-Distribución de sondajes por Tipo de

Calidad de Macizo Rocosó	Identificación de Sondaje	Profundidad (m)
M. Malo	GT-05A	500
	GT-06	460
	GT-17	850
M. Regular	GT-20B	500
	GT-29	400
	GT-33	450
M. Bueno	GT-08	450
	GT-09	500
	GT-32	500

### 6.1. Comparación por Profundidad

La existencia de valores positivos corresponde a una menor recuperación en la corrida del testigo de perforación, lo cual sucede por pérdida o lavado de material, así mismo los valores negativos corresponden a una mayor recuperación en la corrida, lo que indicaría un error en la medida de la longitud o un mayor avance de perforación no registrada.

#### - Para un macizo de calidad Mala (Sondaje GT-05A)

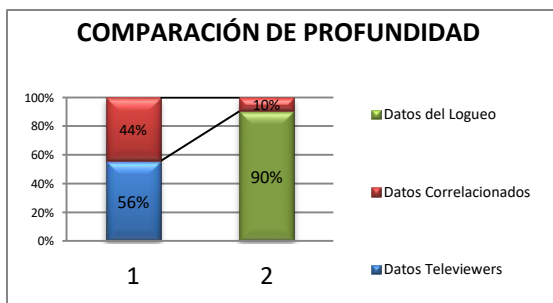
La diferencia o rango de profundidad obtenida fue de +/- 80cm, lo que indica que para cada estructura del televiwer se buscada su correlacionado en un rango de +/- 80cm de su profundidad en el logueo geotécnico.

Se encontró el 44% de correlación por lo que se interpreta que existe poca correlación por una deficiencia de datos del televiwer, ya que al momento de correlacionar se encontraron muchas estructuras como juntas (JN) y venas (VN) en el logueo geotécnico que no pudieron ser correlacionadas por estar clasificadas como Rank 1 en el registro de televiwer (Rank 1 no usado por ser estructuras discontinuas).

Tabla N°3- Datos finales de comparación según la profundidad sondaje GT-05A. Fuente: Propia

	TELEVIEWER	LOGUEO
<b>Datos</b>	<b>253</b>	<b>1176</b>
<b>Correlacionados</b>	112	112
<b>Porcentaje</b>	<b>44%</b>	<b>10%</b>

Gráfica N°1.- Comparación de profundidad en



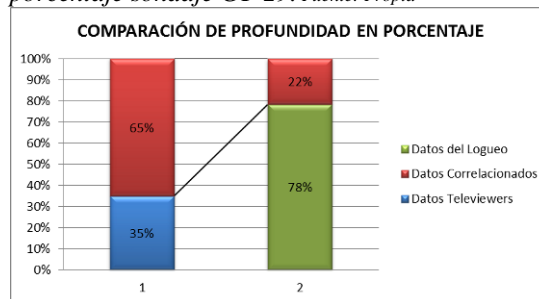
#### - Para un macizo de calidad Regular (Sondaje GT-29)

La diferencia o rango de profundidad obtenida fue de +/- 70cm. De acuerdo al porcentaje de correlación (65%) obtenido se interpreta que existe buena correlación entre los datos del registro de televiwer y el logueo geotécnico, por ser mayor al 50% de comparación de los datos.

Tabla N°4- Datos finales de comparación según la profundidad Sondaje GT-29. Fuente: Propia

	TELEVIEWER	LOGUEO
<b>Datos</b>	<b>128</b>	<b>385</b>
<b>Correlacionados</b>	83	83
<b>Porcentaje</b>	<b>65%</b>	<b>22%</b>

Gráfica N°2.- Comparación de profundidad en porcentaje sondaje GT-29. Fuente: Propia



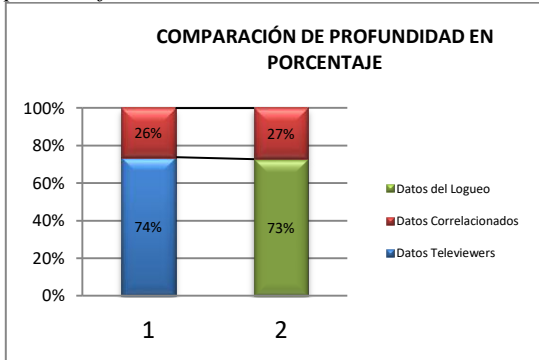
#### - Para un macizo de calidad Buena (Sondaje GT-32)

La diferencia o rango de profundidad obtenida fue de +/- 90cm. Se obtuvo el 26% de correlación de los datos lo cual correspondería que existe una mala correlación debido a una deficiencia de datos en el registro de televiwer, ya que en correlacionar se encontraron muchas estructuras como juntas (JN) y venas (VN) en el logueo geotécnico que no pudieron ser correlacionadas por ser de clasificadas Rank 1, no usados por ser estructuras discontinuas.

Tabla N°5- Datos finales de comparación según la profundidad sondaje GT-32. Fuente: Propia

	TELEVIEWER	LOGUEO
<b>Datos</b>	<b>306</b>	<b>294</b>
<b>Correlacionados</b>	80	80
<b>Porcentaje</b>	<b>26%</b>	<b>27%</b>

Gráfica N°3.- Comparación de profundidad en porcentaje GT-32. Fuente: Propia



## 6.2. Comparación por Apertura

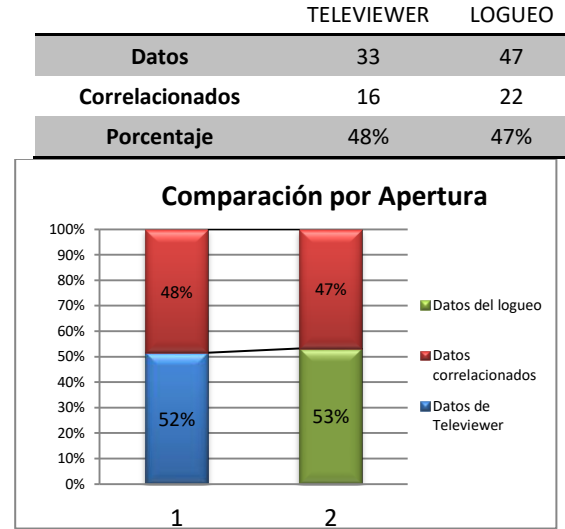
Como segundo punto de comparación se considero la Apertura de las estructuras registradas por el Televiewer que están clasificadas mediante los rangos propuestos de la *Tabla N°1*. En la descripción de estructuras solo se ha considerado las de Rank 3 y 4, que pueden correlacionarse con fallas, zonas de falla, zonas alteradas, rocas fracturadas, diques y brechas del logueo geotécnico.

### - Para un macizo de calidad Mala (Sondaje GT-05A)

De acuerdo al porcentaje de comparación obtenido se interpreta que existe **moderada** correlación de las estructuras principales, debido a que un 53% de estructuras del logueo geotécnico representan a rocas fracturadas, pudiendo ser producto de las operaciones de perforación y/o manipuleo de los testigos.

Tabla N°6.-Datos finales de comparación por apertura sondaje GT-05A. Fuente: Propia

Gráfica N° 4.- Comparación de apertura en porcentaje GT-05A. Fuente: Propia



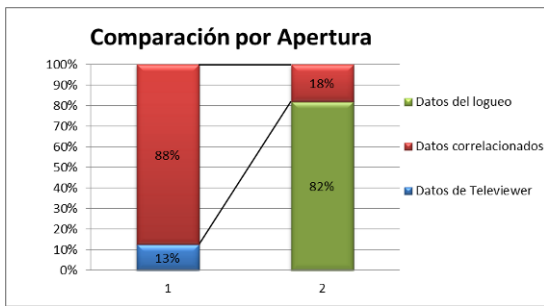
### - Para un macizo de calidad Regular (Sondaje GT-29)

El porcentaje de comparación obtenido se interpreta como buena correlación de las estructuras principales, debido a que un 88% de estructuras caracterizadas en el televiewer están siendo correlacionadas por su apertura y a su vez están acorde con respecto a la profundidad.

Tabla N°7.-Datos finales de comparación por apertura sondaje GT-29. Fuente: Propia

	TELEVIEWER	LOGUEO
<b>Datos</b>	16	78
<b>Correlacionados</b>	14	14
<b>Porcentaje</b>	<b>88%</b>	<b>18%</b>

Gráfica N° 5.- Comparación de apertura en porcentaje sondaje GT-29. Fuente: Propia



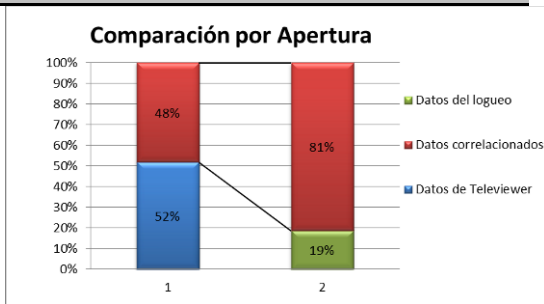
**- Para un macizo de calidad Buena (Sondaje GT-32)**

De la comparación se obtuvo que exista moderada correlación de las estructuras principales, un 19% de estructuras del logueo representan a rocas fracturadas, pudiendo ser producto de las operaciones de perforación y/o manipuleo de los testigos.

Tabla N°8.- Datos finales de comparación por apertura sondaje GT-32. Fuente: Propia

Gráfica N° 6.- Comparación de apertura en porcentaje sondaje GT-32. Fuente: Propia

	TELEVIEWER	LOGUEO
<b>Datos</b>	27	16
<b>Correlacionados</b>	13	13
<b>Porcentaje</b>	48%	81%



**6.3. Comparación por Orientación de Estructuras**

Identificada cada estructura del Televiewer por profundidad y apertura se observa la orientación de los ángulos de buzamiento y azimut y se correlaciona con su consecuente alfa y beta del logueo geotécnico.

Para el caso la correlación es mediante las estructuras aparentes del Televiewer y logueo geotécnico, los datos a correlacionar

son del Rank 3 y Rank 4, debido a que son consideradas estructuras principales y mayores a 1 cm de espesor (Rank 3) y 5 cm de espesor (Rank 4).

Solo es posible validar los datos del logueo geotécnico (Alfa y Beta) que contengan su respectivo (Buzamiento y Azimut) del registro de televiewer, caso contrario no será validado los datos de orientación de estructuras.

El rango de correlación es (+/- 10°) del ángulo de buzamiento. Este rango ha sido determinado por la máxima variación de los ángulos al momento de medirlos con las reglas (transportador y/o protector), así mismo, este rango ha sido representativo para los diferentes proyectos medidos con Televiewer.

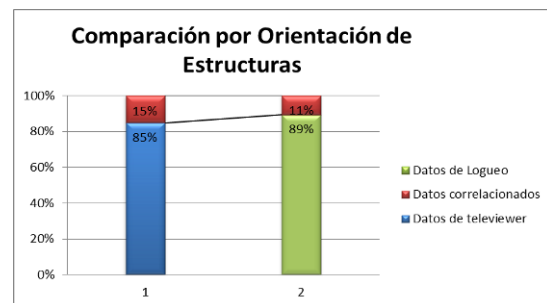
**- Para un macizo de calidad Mala (Sondaje GT-05A)**

Se obtuvo un 15% de correlación en cuanto a las estructuras principales, como se muestra en la Tabla N°9, correspondiendo a una mala correlación.

Tabla N°9.- Datos finales de Comparación por Orientación de Estructuras sondajeGT-05A. Fuente: Propia

	TELEVIEWER	LOGUEO
<b>Datos</b>	33	47
<b>Correlacionados</b>	5	5
<b>Porcentaje</b>	15%	11%

Gráfica N°7.- Comparación de orientación de estructuras en porcentaje GT-05A. Fuente: Propia



**- Para un macizo de calidad Regular (Sondaje GT-29)**

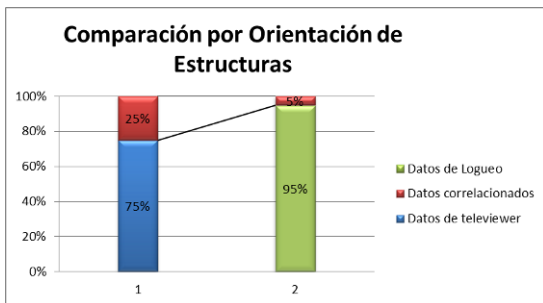


Para el caso de un macizo de calidad regular se obtuvo 25% de correlación en cuanto a las estructuras principales, lo cual correspondería a una mala correlación, como se muestra en la *Tabla N°10*.

*Tabla N°10.- Datos finales de Comparación por Orientación de Estructuras sondaje GT-29. Fuente: Propia*

	TELEVIEWER	LOGUEO
<b>Datos</b>	16	78
<b>Correlacionados</b>	4	4
<b>Porcentaje</b>	25%	5%

*Gráfica N°8.- Comparación de orientación de estructuras en porcentaje sondaje GT-29. Fuente: Propia*



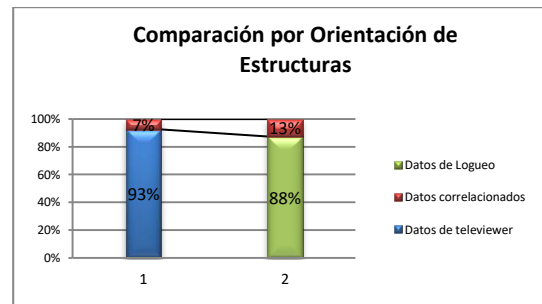
**- Para un macizo de calidad Buena (Sondaje GT-32)**

Para la calidad de macizo rocoso bueno se obtuvo el 7% de correlación en cuanto a las estructuras principales, como se muestra en la *Tabla N°11*.

*Tabla N°11.- Datos finales de Comparación por Orientación de Estructuras sondaje GT-32. Fuente: Propia*

	TELEVIEWER	LOGUEO
<b>Datos</b>	27	16
<b>Correlacionados</b>	2	2
<b>Porcentaje</b>	7%	13%

*Gráfica N° 9.- Comparación de orientación de estructuras en porcentaje sondaje GT-32. Fuente: Propia*



Para los tres casos evaluados las estructuras no se pueden medir, obteniendo valores bajos de correlación debido a que es poco probable obtener y/o medir los ángulos de orientación de las estructuras mayores en el logueo geotécnico, por ser materiales blandos y poco resistentes al momento de la perforación (Fallas, zonas alteradas y roca fracturada). Es posible perder la información de orientación por problemas de recuperación y rotación.

**6.4. Comparación por Rock Quality Designator (RQD)**

El valor RQD, en sondajes es determinado con la relación de fragmentos de testigos de longitud mayor o igual a 10 cm, sobre la longitud perforada, dicho valor es expresado en porcentaje.

A partir del enunciado se procedió al cálculo del RQD de cada registro de Televiewer, determinando los fragmentos mayores a 10 cm entre las estructuras de tipo Rank 2, 3 y 4 por longitud perforada (corrida), para luego ser clasificadas según la *Tabla N°12*.

*Tabla N°12: RQD y Calidad de roca. Fuente: Deere, 1967*

No se ha utilizado las estructuras de Rank 1

RQD	Calidad de Roca	Código
0	Muy Mala	MM
25	Mala	M
50	Regular	R
75	Buena	B
90	Muy Buena	MB

por ser de clasificación discontinuas.

Los valores obtenidos de RQD son descritos en código para la comparación con su correlativo RQD del logueo geotécnico. La comparación obtenida corresponde a la semejanza en código de la calidad de roca, dando un porcentaje de total de los tramos perforados.

Cabe mencionar que es posible encontrar diferencias entre los valores de RQD tanto para el registro de Televiewer, como para el Logueo Geotécnico, esto se debe a los siguientes factores:

- Mayor cantidad de estructuras en el registro de Televiewer que el logueo geotécnico.
- Longitud de perforación menores (corridas cortas), donde para el logueo geotécnico el valor del RQD = 0, mientras que para el Registro de Televiewer es 100 ya que éste tiene registro de medición continua.
- Recuperación deficiente por lavado de muestra, donde valor de RQD del logueo Geotécnico es menor a la del registro Televiewer.
- Tramos de perforación en roca fracturada no determinadas en el registro de Televiewer.

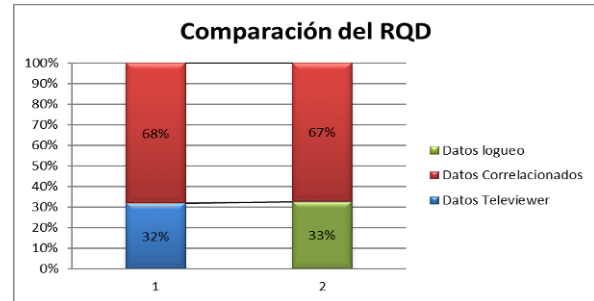
**- Para un macizo de calidad Mala (Sondaje GT-05A)**

De los datos obtenidos se correlacionaron un 68% que corresponden a valores de RQD, obteniendo una buena correlación, los valores de RQD varían por calidad de roca y código por los factores ya mencionado, como es la recuperación y cantidad de estructuras. Las corridas faltantes en el Televiewer corresponden a los tramos de revestimiento (casing) donde la herramienta no registró información.

Tabla N°13.- Datos finales de Comparación por RQD sondaje GT-05A. Fuente: Propia

	TELEVIEWER	LOGUEO
<b>Datos</b>	436	441
<b>Correlacionados</b>	297	297
<b>Porcentaje</b>	68%	67%

Gráfica N°10.- Comparación RQD en porcentaje sondaje GT-05A.



**- Para un macizo de calidad Regular (Sondaje GT-29)**

El porcentaje de comparación obtenido (86%) se interpreta que existe Buena correlación de datos, debido a un porcentaje mayor al 50% en la correlación.

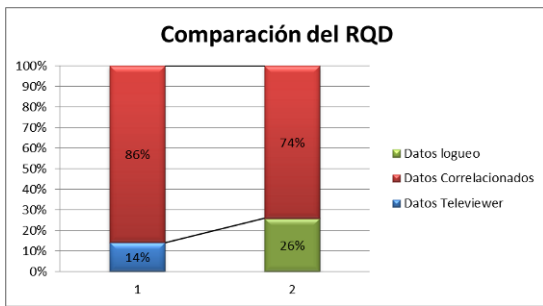
Los datos no correlacionados corresponden a valores de RQD, que varían en calidad de roca y código por los factores ya mencionado, como es la recuperación y cantidad de estructuras.

Las corridas faltantes en el Televiewer corresponden a los tramos de revestimiento (casing) donde la herramienta no registró Información.

Tabla N°14.- Datos finales de Comparación por RQD sondajeGT-29. Fuente: Propia

	TELEVIEWER	LOGUEO
<b>Datos</b>	311	361
<b>Correlacionados</b>	265	267
<b>Porcentaje</b>	86%	74%

Gráfica N°11.- Comparación RQD en porcentaje sondaje GT-29. Fuente: Propia



**- Para un macizo de calidad Buena (Sondaje GT-32)**

De la comparación obtenida (95%) se interpreta que existe Buena correlación de datos, debido a un porcentaje mayor al 50% en la correlación.

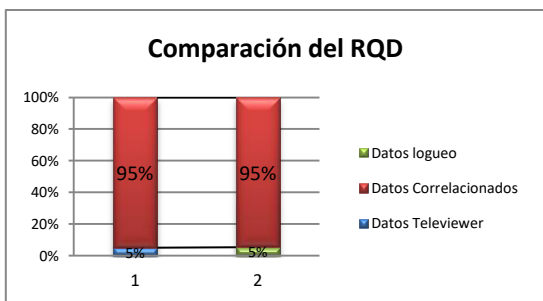
Los datos no correlacionados corresponden a valores de RQD, que varían en calidad de roca y código por los factores ya mencionado, como es la recuperación y cantidad de estructuras.

Las corridas faltantes en el Televiewer corresponden a los tramos de revestimiento (casing) donde la herramienta no registró información.

Tabla N°15.- Datos finales de Comparación por RQD sondaje GT-32. Fuente: Propia

	TELEVIEWER	LOGUEO
<b>Datos</b>	350	351
<b>Correlacionados</b>	332	332
<b>Porcentaje</b>	95%	95%

Gráfica N°12.- Comparación RQD en porcentaje sondaje GT-32. Fuente: Propia



**5.5 Comparación de Clasificación Geotécnica**

Los valores del RMR<sup>76</sup> promedio de los sondajes en estudio en función de la litología; así mismo también se coloca el valor de la desviación estándar por litología para observar la desviación que presentan los datos en su distribución (Tabla N° 17, 19 y 21).

Otra comparación en cuando a la calidad del macizo rocoso corresponde a la clasificación de RMR<sup>76</sup>, esta se ha de comparar con los valores de Índice de Calidad de la roca (IC) obtenidos en el registro de Televiewer Acústico (ATV) para cada sondaje.

Los valores de RMR<sup>76</sup> son obtenidos del logueo Geotécnico por corrida, mientras que los valores de Índice de Calidad (IC) han sido obtenidos por cada metro (1m) de registro de Televiewer, por tanto, se ha promediado los valores de RMR<sup>76</sup> e IC a 5m con la finalidad de poder afinar las curvas de la gráfica para su comparación. Así mismo, una relación directa del IC con el RMR<sup>76</sup>, es la comparación por litología, obteniendo el valor promedio por tipo litológico y el cálculo de su desviación estándar

Para la comparación del IC vs RMR<sup>76</sup> por litología se hace uso de la tabla de confianza de datos propuesta para la correlación, como se muestra a continuación.

Tabla N° 16- Rangos de confianza para la comparación del IC vs RMR<sup>76</sup>. Fuente: Propia

Rangos de Confianza	
0 - 10	Bueno
10 - 20	Moderado
>20	Malo

**- Para un macizo de calidad Mala (Sondaje GT-05 A)**

El sondaje GT-05A es de 500 metros de profundidad, se ha podido diferenciar 4 tipos de litología correspondiente a la Andesita

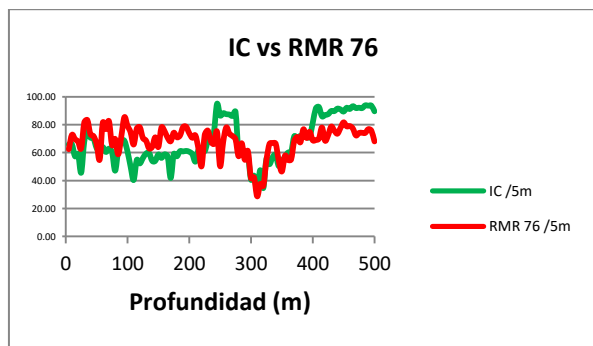
Alta (Aa), Riolita Toquepala (Tr), Diorita (Di) y Latita Porfirítica (Lp) como se muestra en la siguiente tabla así mismo se encuentra el promedio por litología de su RMR<sup>76</sup>, RQD y la desviación estándar de cada litología con respecto a sus RMR<sup>76</sup> en donde los valores son perceptiblemente pequeños.

Tabla N° 17.- Datos de RMR<sup>76</sup> por litología para el sondaje GT-05A. Fuente: Piteau y Southern Perú

LOGUEO GEOMECÁNICO					
Desde (m)	To (m)	Litología	RMR <sup>76</sup>	RQD (%)	Desviación Estándar
0.00	282.50	Aa	70	96	13.3
282.50	353.02	Tr	50	71	18.7
353.02	359.50	Di	55	100	6.3
359.50	361.12	Lp	61	99	2.6
361.12	417.10	Tr	67	95	11.6
417.10	500.00	Di	75	100	6.3

La comparación de IC vs RMR<sup>76</sup> ha sido calculando el valor promedio del RMR<sup>76</sup> por cada 5 m de profundidad, para luego correlacionarla con el IC, como se muestra (Gráfica 13)

Gráfica N° 13- Comparación de IC vs RMR<sup>76</sup> sondaje GT-05A. Fuente: Propia



En la gráfica se observa 3 sectores, un primer tramo entre 0m - 280 m donde la calidad del macizo tiene un valor promedio de 60 en IC y RMR<sup>76</sup>, un segundo tramo de 280 m a 410 m con tendencia descendente o mala calidad con valor promedio de 40 para el IC y RMR<sup>76</sup> y un último tramo de 410 m a 500m que conservan una misma tendencia.

De lo interpretado se puede decir que un 80% aproximadamente presenta una **Buena** correlación de los datos de IC vs RMR<sup>76</sup>, mientras que el 20% de datos difiere en la correlación, pudiéndose mantener un valor más conservado de RMR<sup>76</sup> en el logueo Geotécnico.

Para una relación directa entre el IC vs RMR<sup>76</sup> se ha procedido a calcular valores promedio por litología, donde la Tabla N° 18 y Gráfica N°14 mostrando los resultados obtenidos.

De los resultados se interpreta una **Buena** correlación de los datos de IC vs RMR<sup>76</sup> para la profundidad de 0 m. a 417m que corresponden a las rocas; Andesita, Traquita, Latita y Diorita en menor proporción; mientras que una **Moderada** correlación para la profundidad de 417m a 500m (final del sondaje) que corresponde a la roca Diorita, esta diferencia en correlación se debe a que los valores de RMR<sup>76</sup> son menores en relación al IC, pudiendo haberse desestimado los parámetros geotécnicos para el cálculo del RMR<sup>76</sup> (no reflejan la realidad) por ej. logueo de estructuras cerradas, desestimación en la condición de la fractura.

La Gráfica N°14. muestra los valores promedios del IC vs RMR<sup>76</sup> por litología y su desviación estándar.

Gráfica N° 14.-Comparacion de IC (Índice de Calidad) Vs RMR<sup>76</sup> y RQD por litología sondaje GT-05A. Fuente: Propia

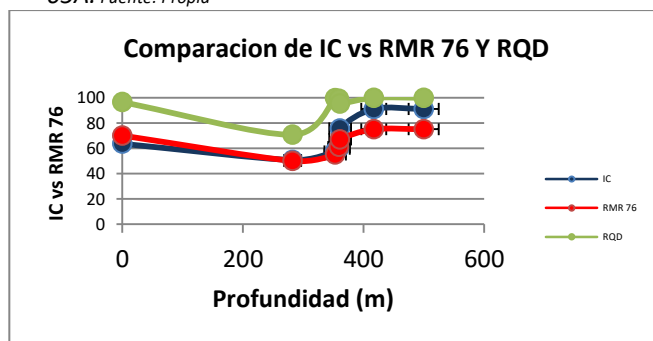


Tabla N° 18.- Valores de comparación de IC vs RMR<sup>76</sup> para el sondaje GT-05A. Fuente: Propia

From (m)	To (m)	Litología	IC (Promedio)	RMR <sup>76</sup> (Promedio)	Comparación	Rangos	RQD (Promedio)	Comparación	Rangos
0	282	Aa	64	70	6	Bueno	96	33	Malo
282.5	353	Tr	51	50	1	Bueno	71	20	Moderado
353.02	359	Di	58	55	3	Bueno	100	42	Malo
359.5	361	Lp	60	61	1	Bueno	99	39	Malo
361.12	417	Tr	76	67	9	Bueno	95	20	Moderado
417.1	500	Di	91	75	16	Moderado	100	9	Bueno

Para la relación directa entre el IC vs RQD se ha procedido de la misma forma que el RMR<sup>76</sup> calculado por valores promedio por litología, donde la Tabla N°18 y Grafica N°14 muestra los resultados obtenidos.

Se presenta una **Moderada** a **Mala** correlación de los datos IC vs RQD para el taladro en general, debido a que los valores del RQD son mayores en relación al IC; lo cual nos estaría indicando de que no existe relación por que el RQD describe fracturas por cada 10 cm y el IC describe la calidad del macizo rocoso.

- **Para un macizo de calidad Regular (Sondaje GT-29)**

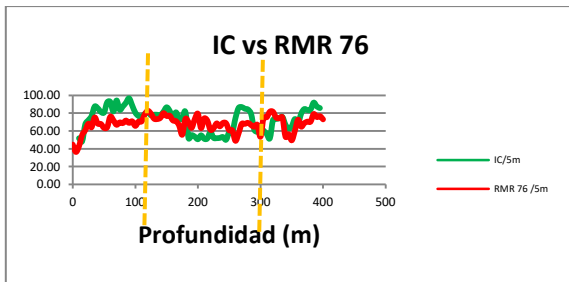
El sondaje GT-29 es de 400 metros de profundidad, se ha podido diferenciar 4 tipos de litología correspondiente a Riolita Toquepala (Tr), Diorita (Di), Pebles Brecha (Px), Pórfido Dacita (Dp) y Brecha angular (Bx) como se muestra en la siguiente tabla así mismo se encuentra el promedio por litología de su RMR<sup>76</sup>, RQD y la desviación estándar de cada litología con respecto a sus RMR<sup>76</sup> en donde los valores son perceptiblemente pequeños y variando en su litología.

Tabla N°19.- Datos de RMR<sup>76</sup> por litología para el sondaje GT-29. Fuente: Piteau, Southern Perú, 2014

LOGUEO GEOMECÁNICO					
Desde (m)	To (m)	Litología	RMR <sup>76</sup>	RQD (%)	Desviación Estándar
0.00	6.15	Tr	43	23	6.43
6.15	10.9	Px	36	49	9.58
10.9	83	Tr	65	86	11.49
83.0	88.1	Di	71	98	8.13
88.10	88.65	Px	73	100	4.00
88.65	103	Di	68	95	9.42
103	165.7	Dp	76	99	8.29
165.7	189	Di	67	98	8.47
189	189.4	Px	62	95	5.00
189.4	207.1	Di	72	99	8.66
207.10	313.2	Di	65	94	13.29
313.20	320.20	Bx	79	100	7.41
320.20	324.00	Bxt	77	100	0.50
324.00	400.00	Di	66	92	16.13

Para el sondaje GT-29, la comparación de IC vs RMR<sup>76</sup> ha sido calculando el valor promedio del RMR<sup>76</sup> por cada 5 m de profundidad, para luego correlacionarla con el IC, como se muestra (Gráfica N° 15).

Gráfica N°15- Comparación de IC vs RMR<sup>76</sup> para sondaje GT-29. Fuente: Propia



En la gráfica se observa 3 sectores, un primer tramo entre 0m - 110 m donde la calidad del macizo rocoso tiene un valor promedio de 80 para el IC y RMR<sup>76</sup>, un segundo tramo de 110 m a 260 m con tendencia descendente o mala calidad con respecto al primer tramo con valor promedio de 60 para el IC y RMR<sup>76</sup> y un último tramo de 260 m a 400m que difiere en los valores de IC y RMR<sup>76</sup> pero conserva una misma tendencia.

De lo interpretado se puede decir que un 60% presenta una Moderada correlación de los datos de IC vs RMR<sup>76</sup>, mientras que el 30% de datos difiere en la correlación, pudiéndose mantener un valor más conservado de RMR<sup>76</sup> en el logueo Geotécnico.

Para una relación directa entre el IC vs RMR<sup>76</sup> se ha procedido a calcular valores promedio por litología, donde la *Tabla 20* y *Gráfica 15* muestran los resultados obtenidos.

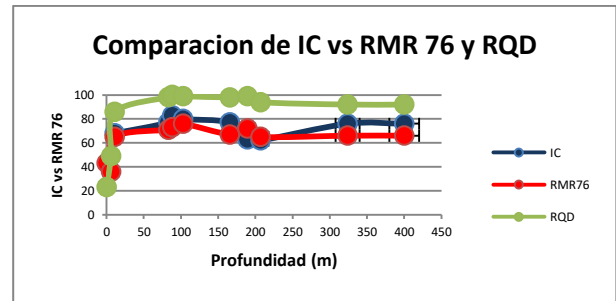
De los resultados se interpreta una Buena correlación de los datos de IC vs RMR<sup>76</sup> para la profundidad de 10 m. a 400m que corresponden a las rocas; Traquita, Peble Brecha, Pórfido Dacita en menor proporción y Diorita.

La *Gráfica 16* muestra los valores promedios del IC vs RMR<sup>76</sup> por litología y su desviación estándar.

Para la relación directa entre el IC vs RQD se ha procedido de la misma forma que el

RMR<sup>76</sup> calculado por valores promedio por litología, donde el cuadro y gráfica muestra los resultados obtenidos.

Gráfica N°16.-Comparacion de IC (Índice de Calidad) Vs RMR<sup>76</sup> y RQD por litología sondaje GT-29. Fuente: Propia



Se presenta una Moderada a Mala correlación de los datos IC vs RQD para el taladro en general, debido a que los valores del RQD son mayores en relación al IC; lo cual nos estaría indicando de que no existe relación por que el RDQ describe fracturas por cada 10 cm y el IC describe la calidad del macizo.

- **Para un macizo de calidad Buena (Sondaje GT-32)**

El sondaje GT-32 es de 480 metros de profundidad, se ha podido diferenciar 4 tipos de litología correspondiente a Diorita (Di), Pórfido Dacita (Dp), Pebles Brecha (Px), y Brecha angular (Bx) como se muestra en la siguiente tabla así mismo se encuentra el promedio por litología de su RMR<sup>76</sup>, RQD y la desviación estándar de cada litología con respecto a sus RMR<sup>76</sup> en donde los valores son perceptiblemente pequeños y variando en su litología a excepción de cuando la muestra es pequeña (poco metraje).

Tabla N°20.- Valores de comparación de IC vs RMR<sup>76</sup> para el sondaje GT-29. Fuente: Propia

From (m)	To (m)	Litología	IC (Promedio)	RMR <sup>76</sup> (Promedio)	Comparación	Rangos	RQD (Promedio)	Comparación	Rangos
0	6.15	Tr	-	43	N/A	N/A	23	N/A	N/A
6.15	10.9	Px	-	36	N/A	N/A	49	N/A	N/A
10.9	83	Tr	68	65	3	Bueno	86	18	Moderado
83	88.1	Di	77	71	6	Bueno	98	21	Malo
88.1	88.65	Px	83	73	10	Bueno	100	17	Moderado
103	165.7	Dp	80	76	4	Bueno	99	19	Moderado
165.7	189	Di	77	67	10	Bueno	98	21	Moderado
1894	207.1	Di	63	72	9	Bueno	99	36	Malo
207.1	313.2	Di	62	65	3	Bueno	94	32	Malo
324	400	Di	76	66	10	Bueno	92	16	Moderado

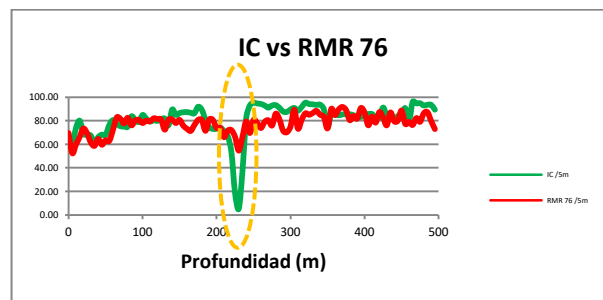
Tabla N°21.- Datos de RMR<sup>76</sup> por litología para el sondaje GT-32. Fuente: Piteau, Southern Perú, 2014

#### LOGUEO GEOMECÁNICO

Desde (m)	To (m)	Litología	RMR <sup>76</sup>	RQD (%)	Desviación Estándar
0.00	63.09	Dp	64	99	10.97
63.09	136.35	Dp	80	100	3.23
136.35	208.50	Di	77	99	7.15
208.50	221.40	Dp	71	99	10.21
221.40	244.00	Px	67	94	9.54
244.00	291.40	Dp	77	99	7.72
291.40	344.80	Di	82	99	10.42
344.80	351.25	Bx	75	100	15.41
351.2	456.38	Di	84	98	9.22
456.38	462.20	Bx	80	96	7.56
462.20	479.20	Di	80	100	7.14

Para el sondaje GT-32, la comparación de IC vs RMR<sup>76</sup> ha sido calculando el valor promedio del RMR<sup>76</sup> por cada 5 m de profundidad, para luego correlacionarla con el IC, como se muestra (Gráfica 17).

Gráfica N° 17- Comparación de IC vs RMR<sup>76</sup> sondaje GT-32. Fuente: Propia



En la gráfica se observa 3 sectores, un primer tramo entre 0m - 225 m donde la calidad del macizo rocos tiene un valor promedio de 70 para el IC y RMR<sup>76</sup>, un segundo tramo de 225 m a 235 m con tendencia descendente o mala calidad con valor promedio de 30 para el IC y RMR<sup>76</sup> y un último tramo de 235 m a 500m conservando una misma tendencia.

De lo interpretado se puede decir que un 80% aproximadamente presenta una Buena correlación de los datos de IC vs RMR<sup>76</sup>, mientras que el 20% de datos difiere en la correlación, pudiéndose mantener un valor más conservado de RMR<sup>76</sup> en el logueo Geotécnico.

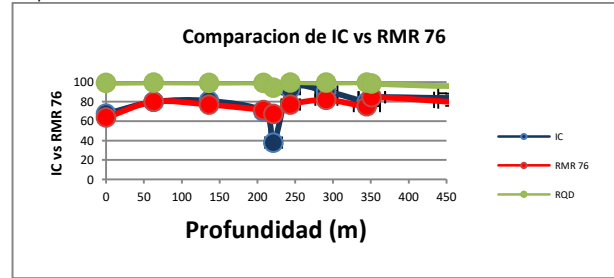
Para una relación directa entre el IC vs RMR<sup>76</sup> se ha procedido a calcular valores

promedio por litología, donde la *Tabla N° 22* y *Gráfica 18* muestran los resultados obtenidos.

De los resultados se interpreta una Buena correlación de los datos de IC vs RMR<sup>76</sup> para la profundidad de 0 m. a 225m que corresponden a las rocas; Dacita y Diorita en menor proporción; mientras que una Mala correlación para la profundidad de 225 m a 235m que corresponde a la roca Diorita, esta diferencia en correlación se debe a que los valores de RMR<sup>76</sup> son mayores en relación al IC, pudiendo haberse desestimado los parámetros IC (no reflejan la realidad) en este caso es probable que corresponda a un cambio litológico (alteración) por ende los valores tuvieron tendencia a cero.

Finalmente se tiene el último tramo con una Buena correlación de los datos de IC vs RMR<sup>76</sup> para la profundidad de 235 m. a 500m que corresponden a las rocas; Diorita y Brechas bien identificadas.

Gráfica N° 18.-Comparacion de IC (Índice de Calidad) Vs RMR<sup>76</sup> y RQD por litología sondaje GT-32. Fuente: Propia



Para la relación directa entre el IC vs RQD se ha procedido de la misma forma que el RMR<sup>76</sup> calculado por valores promedio por litología, donde el cuadro y gráfica muestra los resultados obtenidos.

Se presenta una Moderada a Mala correlación de los datos IC vs RQD para el taladro en general, debido a que los valores del RQD son mayores en relación al IC.

Tabla N° 22.- Valores de comparación de IC vs RMR<sup>76</sup> para el sondaje GT-32. Fuente: Propia

From (m)	To (m)	Litología	IC (Promedio)	RMR <sup>76</sup> (Promedio)	Comparación	Rangos	RQD (Promedio)	Comparación	Rangos
0	63.09	Dp	67	64	4	Bueno	99	32	Malo
63.09	136.35	Dp	80	80	0	Bueno	100	20	Moderado
136.35	208.50	Di	81	77	4	Bueno	99	19	Moderado
208.50	221.40	Dp	70	71	2	Bueno	99	30	Malo
221.40	244.00	Px	38	67	29	Malo	94	56	Malo
244.00	291.40	Dp	93	77	16	Malo	99	7	Bueno
291.40	344.80	Di	91	82	9	Moderado	99	9	Bueno
344.80	351.25	Bx	80	75	4	Bueno	100	20	Moderado
351.25	456.38	Di	85	84	0	Bueno	98	14	Moderado
456.38	462.20	Bx	84	80	4	Bueno	96	12	Moderado
462.20	479.20	Di	89	79	10	Bueno	100	11	Moderado
479.20	500.00	Bx	88	81	8	Bueno	100	11	Moderado

## 7. VALIDACIÓN DEL REGISTRO DE TELEVIEWER (OPTV, ATV) PARA LA CARACTERIZACIÓN DE MACIZOS ROCOSOS

Después de realizadas todas las comparaciones como procedimiento de

validación de los datos obtenidos por el Televiewer; profundidad, apertura, orientación de estructuras, RQD, IC (Índice de calidad) Vs RMR<sup>76</sup> e IC (Índice de calidad) Vs RQD, resumimos los resultados obtenidos para todos



los sondajes analizados en los diferentes tipos de macizos rocosos, Bueno, Regular y Malo.

Tabla N° 23.- Resumen de comparación de sondajes propuestos. Fuente: Propia

Tipo de Macizo	ID	Profundidad		Apertura		Orientación de Estructuras		RQD		IC vs RMR <sup>76</sup>	IC vs RQD
		TV (%)	Logueo (%)	TV (%)	Logueo (%)	TV (%)	Logueo (%)	TV (%)	Logueo (%)		
M. Malo	GT-05A	44	10	48	47	15	11	68	67	Moderada a Buena	Moderada a Mala
	GT-06	72	20	36	26	27	17	94	84	Buena	Mala
	GT-17	59	22	33	20	25	17	35	67	Buena	Mala
M. Regular	GT-20B	71	9	87	15	33	5	71	56	Moderada a Buena	Moderada a Mala
	GT-29	65	22	88	18	25	5	86	74	Moderada a Buena	Moderada a Mala
	GT-33	66	15	50	12	8	4	83	81	Moderada a Buena	Moderada a Mala
M. Bueno	GT-08	21	18	27	13	13	7	96	94	Buena	Moderada
	GT-09	55	13	46	28	38	21	93	91	Buena	Mala
	GT-32	26	27	48	81	7	13	95	95	Buena	Moderada

## CONCLUSIONES

De acuerdo a lo analizado en el parámetro de la profundidad para los 3 tipos de macizo se puede señalar que el porcentaje de correlación obtenido corresponde a una correlación de **moderada a mala** por una carencia de datos del televiwer, ya que al momento de correlacionar se encontraron muchas estructuras como juntas (JN) y venas (VN) en el logueo geotécnico que no pudieron ser correlacionadas por estar clasificadas como Rank 1 en el registro de televiwer (Rank 1 no usado por ser estructuras discontinuas). Así también se concluye que el desfase es directamente proporcional al avance perforado por un error acumulativo.

En cuanto al control por apertura de acuerdo al porcentaje de las comparaciones obtenidas se interpretó que existe una **moderada** correlación de las estructuras principales para los macizos de calidad buena y mala, debido a que se ha observado aperturas mayores en relación a la estructura

correlativa del logueo geotécnico, esto es causado por la sensibilidad del equipo al no poder diferenciar zonas alteradas de las paredes de la estructuras causando una mala interpretación durante logueo electrónico del televiwer ya que no se podría diferenciar la densidad de la roca débil, mientras que el para el Macizo de calidad Regular se encuentra una **buena** correlación.

En la comparación por orientación de estructuras se interpretó de acuerdo al porcentaje obtenido en los tipos de calidad de macizo rocoso (Bueno, Regular y Malo) habiendo poca correlación en cuanto a las estructuras principales, siendo aceptable el valor alcanzado debido a que es poco probable obtener y/o medir los ángulos de orientación de las estructuras mayores en el logueo geotécnico por ser materiales blandos y poco resistentes al momento de la perforación (Fallas, zonas alteradas y roca fracturada); es posible perder la información de orientación por problemas de recuperación y rotación, mientras que los datos obtenidos por el registro de televiwer

nos permite determinar las orientaciones de las estructuras importantes sin mayores inconvenientes.

En el valor del RQD en los macizos rocosos (Bueno, regular y malo) se obtuvo un porcentaje que representa una **buena** correlación, sin embargo no ocurre lo mismo para el sondaje GT-17 encontrado en la calidad de macizo rocoso malo ya que hay mayor cantidad de estructuras en el registro de Televiwer que en la del logueo geotécnico por una recuperación deficiente por lavado de muestra y tramos de perforación en rocas fracturadas no determinadas, donde valor de RQD del logueo Geotécnico es menor a la del registro Televiwer.

De los resultados comparativos entre el IC vs RMR<sup>76</sup> se obtiene una buena correlación para la calidad de macizo rocoso bueno y malo, mientras que para el tipo de macizo rocoso regular hay una correlación moderada a buena por que pudo haber ocurrido una desestimación de los parámetros geotécnicos para el cálculo del RMR<sup>76</sup>, por ejemplo el logueo de estructuras cerradas, desestimación en la condición de la fractura. A su vez es importante mencionar de que el Índice de calidad (IC) muestra una relación directa con el RMR<sup>76</sup>.

Para la relación entre el IC vs el RQD el grado de comparación disminuye por otros factores no relacionados al RQD que si influyen en la obtención del RMR<sup>76</sup>; lo cual nos estaría indicando de que no existe relación por que el RQD describe fracturas por cada 10 cm y el IC describe la calidad del macizo.

Los parámetros que presentan una mayor fiabilidad en su comparación son el RQD del logueo geotécnico con el RQD obtenido del registro del televiwer, lo mismo sucede con el RMR<sup>76</sup> y el IC (Índice de calidad) que en general han presentado una buena correlación en los sondajes analizados, sin

embargo presentan poca correlación para tramos cortos y/o corridas de poca longitud.

El Índice de calidad (IC) varía de acuerdo a la densidad de los materiales (litología, alteración), al tipo de relleno, apertura de las estructuras y el grado de fracturamiento presente a lo largo del sondaje; parámetros que también son utilizados para la determinación del RMR<sup>76</sup>; mientras tanto el RQD solo depende del grado de fracturamiento por ende no existe una correlación directa con el IC.

## RECOMENDACIONES

Durante la recolección de los datos es importante tener una alta resolución del registro y esto esta directamente relacionada con la velocidad de la obtención de los datos se recomienda que sea a 3mm / s y a su vez es esencial que la sonda se encuentre bien centralizada para favorecer la calidad del registro y se pueda tener una buena interpretación.

Los datos obtenidos por el televiwer no proporcionan contrastes litológicos para fines descriptivos por lo que se recomendaría para mayor información e identificación de zonas de bajas densidades, litología y contactos de estructuras el apoyo de otras sondas con mayor sensibilidad como por ejemplo Gamma Ray y la de Susceptibilidad Magnética.

En la interpretación de clasificación de estructuras se recomendaría la utilización de la siguiente tabla para una mejor asignación de estos atributos ya que cuanto mas minucioso sea el trabajo, mayores serán las posibilidades de mejor interpretación.

*Tabla 24.- Clasificación de estructuras recomendado por Southern Peru Copper Corporation-2014*

La posibilidad de obtener propiedades de resistencia de la amplitud sería una gran mejora para describir las propiedades mecánicas de las rocas haciendo uso de las técnicas geofísicas.

Superando las indicaciones sugeridas se propone seguir investigando las correlaciones que existen entre los datos de televiwer con otros parámetros geotécnicos como es el caso de la rugosidad, relleno, condición de la junta y resistencia del macizo.

### BIBLIOGRAFIA

Aaltonen, J., and C. G b v Ustafsson.(2003) RAMAC and BIPS logging in borehole KFM01A, SKB – report P -03-45.

Claesson, L-A, and Nilsson G. (2004). Drilling of the telescopic borehole KFM05A at drilling site DS5, Forsmark site investigation.

Crowder R. and Cameron R., (1996). Application and Innovation of Borehole Geophysics for mining.







Deltombe J. and Schepers R. (2000). Combined Processing of BHTV Traveltime and amplitude Images” Vol 7, pp.29-42.

Flugl A. (2007). Optical and acoustic televiwer, limestone classification in the copenhagen región by use of borehole geophysics.

International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering, ISRM (1981). Descripción del tamaño de bloques en función al número de discontinuidades.

Karzulovic, A. y Flores, G. (2003). Sistema de calificación y clasificación geotécnica de macizos rocosos

Martinez G., (1996). Application to the Geometrical Characterization of fractures boreholes.

CLASIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS RECOMENDADO POR SPCC				
CATEGORIA	RANGO	TIPO	COLOR	CARACTERÍSTICAS
2	2A	AZUL		Discontinuidades de 0 a 3 mm.
	2B			Discontinuidades de 3 a 6 mm.
	2C			Discontinuidades de 6 a 10 mm.
3	3A	VERDE		Fracturas y fallas menores de 1 a 2 cm.
	3B			Fracturas y fallas menores de 2 a 3 cm.
	3C			Fracturas y fallas menores de 3 a 5 cm.

Ozaveshe K. (2007). Rock Stress Orientation from Borehole Breakouts and its Correlation to Drill Parameters and Geology.

Ringgaard J. (2009). Mapping of borehole breakouts, processing of acoustical televiwer data from KAV07A, KLX10, KLX11A, KLX12A, KLX15A.

Reinecker J., Tingay M. and Muller B. (2008). Borehole breakout and drilling induced fracture analysis from image logs.

Scott W. (1990). Chapter E2. Borehole geophysics applied to ground – water investigation.

Silva L. (2014). Validación de los Registros de Televiwers (ATV y OPTV) en la caracterización del macizo rocoso (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de San Agustín.

Zheng, Z., Kemeny J. and Cook N. G., (1989). Analysis of borehole breakouts, J. Geophysics. Res.94.